

## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DE 00 / 546



09/914 474	
REC'D 16 MAY 2000	
WIPO	PCT

EJU

## Bescheinigung

Die ROBERT BOSCH GMBH in Stuttgart/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

„Verfahren zur Herstellung hochdotierter Halbleiterbauelemente“

am 26. Februar 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol H 01 L 21/225 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 3. Mai 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Faust

Aktenzeichen: 199 08 400.9

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

5

26.02.99 Gz

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zur Herstellung hochdotierter  
Halbleiterbauelemente

15

Stand der Technik

20

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Herstellung von Halbleiterbauelementen nach der Gattung des unabhängigen Anspruchs. Es ist bekannt, bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen mithilfe von Ionenimplantation, Gasphasenbelegung (zum Beispiel mit Diboran oder  $\text{POCl}_3$ ), Foliendiffusion oder unter Verwendung flüssiger Lösungen dotierte Gebiete in einem Halbleiterwafer zu erzeugen.

25

Vorteile der Erfindung

30

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß dotierte Gebiete mit sehr guter Homogenität hergestellt werden können. Als weiterer Vorteil ist anzusehen, daß es möglich ist, sowohl auf der Vorder- als auch auf der Rückseite des Halbleiterwafers derartig homogene Gebiete auch unterschiedlichen Dotiertyps in nur einem

Diffusionsschritt einzubringen. Ferner ist es möglich, unterschiedlich hohe Dotierstoffkonzentrationen auf Vorder- und Rückseite vorzusehen.

5 Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch angegebenen Verfahrens möglich.

10 Besonders vorteilhaft ist es, mittels eines chemischen Dampfabscheideverfahrens, insbesondere eines chemischen Dampfabscheideverfahrens bei Atmosphärendruck (APCVD, „Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition“), eine  
15 Belegung der Waferoberflächen mit Dotieratomen durchzuführen. Damit wird es möglich, extrem hohe Dotierstoffkonzentrationen zu erzielen, die bis an die Löslichkeitsgrenze des Siliziumwafers heranreichen.

Weiterhin ist es vorteilhaft, die Erhitzung des Wafers und  
20 damit die Eintreibung der Dotieratome in das Innere des Wafers zur Erzeugung dotierter Gebiete bei hohen Temperaturen im Bereich von zirka 1200 bis 1280 Grad Celsius durchzuführen, um ein tiefes Eindringen der Dotieratome in den Wafer zu gewährleisten.

25 Weiterhin ist es besonders vorteilhaft, die Erhitzung des mit einer Glasschicht bedeckten Wafers in oxidierender Atmosphäre durchzuführen. Dadurch wird in vorteilhafter Weise das Eindiffundieren des Dotierstoffs in das Innere des  
30 Wafers in akzeptablen Zeiträumen ermöglicht.

Weiterhin ist es vorteilhaft, die mit Dotierstoff versehene Glasschicht vor dem Diffusionsprozeß mit einer Neutralglasschicht abzudecken. Dadurch wird eine gegenseitige Beeinflussung der Dotierung von Vorder- und Rückseite beziehungsweise von verschiedenen, zur gleichen Zeit im Diffusionsoffen aufgestellten Wafern in zuverlässiger Weise unterbunden.

#### Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Figur 1 zeigt einen Wafer mit aufgebracht Glasschicht, Figur 2 einen Wafer nach einem Diffusionsprozeß und Figur 3 einen Wafer nach Entfernung der Glasschicht.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Figur 1 zeigt in Seitenansicht einen drahtgesägten Rohwafer 1 mit großer Oberflächenrauigkeit, auf dessen Vorderseite eine p-dotierte Glasschicht 2 und auf dessen Rückseite eine n-dotierte Glasschicht 4 aufgebracht ist. Die dotierten Glasschichten 2 und 4 sind mit einer Neutralglasschicht 3 beziehungsweise 5 abgedeckt.

Die Glasschichten 2 und 4 dienen zur Belegung des Wafers mit Dotierstoffen. Die Herstellung verläuft im einzelnen in folgenden Schritten: Der Rohwafer 1 wird zunächst auf zirka 380 Grad Celsius erhitzt. Dies erfolgt, indem der Wafer der Reihe nach mit weiteren Wafern auf einem Transportband in eine mit Gasinjektoren versehene Heizkammer eingeführt wird. Anschließend erfolgt die Glasschichtabscheidung in einem

APCVD-Verfahren (APCVD = „Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition“), also einem chemischen Dampfabscheideverfahren unter atmosphärischem Druck. Dabei wird zunächst beispielsweise die Vorderseite des Wafers einem Silan-Gas ausgesetzt, indem die auf dem Transportband zu passierenden Gasinjektoren die Oberfläche des Wafers mit dem Gas beströmen. Dem Silan-Gas beigemischt ist im Falle der Vorderseite B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>. Das Silan zerfällt auf der 380 Grad Celsius heißen Waferoberfläche und reagiert mit Sauerstoff zu Siliziumdioxid. Aufgrund der B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> - Beimischung ist dieses Glas mit einem Dotierstoff vom p-Typ versetzt. Das Wachstum der Glasschicht 2 wird bis zu einer Schichtdicke von zirka 2 Mikrometern durchgeführt. Die Beimischung des B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> -Gases ist so gewählt worden, daß die Glasschicht einen Boranteil von zirka 6 Gewichtsprozent aufweist. Anschließend wird die Glasschicht dem gleichen Silangas ausgesetzt, jedoch ohne Zusatz von B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>. Dadurch wächst auf die Glasschicht 2 die Neutralglasschicht 3 auf. Der Vorgang wird beendet, wenn die Neutralglasschicht 3 eine Dicke von zirka 0,5 Mikrometern aufweist. In einem weiteren Schritt wird der Wafer gewendet und auf der Rückseite entsprechend mit einer n-dotierten Glasschicht 4 (Dicke 2 Mikrometer, Phosphoranteil von zirka 6 Gewichtsprozent) belegt. Die n-Dotierung wird erzielt, indem statt B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> PH<sub>3</sub> dem Silangas beigemischt wird. Anschließend wird analog zur Vorderseite eine Neutralglasschicht 5 mit einer Dicke von 0,5 Mikrometern aufgebracht.

Alternativ zum beschriebenen Silangas-Verfahren kann das sogenannte TEOS-Verfahren (TEOS = „Tetra-Ethyl-Ortho-Silikat“), eingesetzt werden, das ebenfalls unter Normaldruck ablaufen kann. Hierbei wird statt Silangas

Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub> -gas verwendet, wobei das sich auf der Waferoberfläche abscheidende Tetraethylorthosilikat auf der 380 Grad Celsius heißen Oberfläche zerfällt und mit Sauerstoff zu Siliziumdioxid reagiert. Die Dotierung erfolgt in diesem Falle durch Gasbeimischung von Trimethylphosphat beziehungsweise Trimethylborat.

Figur 2 zeigt den Wafer nach einem Diffusionsprozeß, mit einem stark p-dotierten Gebiet 10 und einem stark n-dotierten Gebiet 11.

Der nach der Belegung mit dotierten Glasschichten erfolgende Diffusionsprozeß findet in einem Diffusionsofen bei einer Temperatur von 1200 bis 1280 Grad Celsius, vorzugsweise bei einer Temperatur von zirka 1265 Grad Celsius statt. Mehrere gleichzeitig zu prozessierende Wafer werden dabei aufrecht stehend in einer Halteelemente aufweisenden Anordnung aus Siliziumkarbid oder Polysilizium angeordnet. Diese Erhitzung wird zirka 20 bis 30 Stunden, vorzugsweise 21 Stunden lang beibehalten und insbesondere in oxidierender Atmosphäre durchgeführt. Mit einer Diffusionszeit von 21 Stunden zum Eintreiben der auf der Oberfläche in Form von Glasschichten abgelegten Dotierstoffe in das Innere des Wafers werden Phosphor- beziehungsweise Borsdosen von zirka  $1-2 \times 10^{17}$  Zentimeter hoch  $-2$  in den Gebieten 10 und 11 erreicht. Dies ist eine um eine Größenordnung höhere Dosis als bei ansonsten typischen Halbleiteranwendungen.

In alternativen Ausführungsformen des Diffusionsschritts ist es auch möglich, gleichzeitig zu prozessierende Wafer zu stapeln, wobei eine unmittelbare gegenseitige Berührung der Wafer durch zuvor erfolgtes Bestreuen mit Aluminiumoxid-

Pulver oder durch Dazwischenlegen von aus der  
Foliendiffusion bekannten Neutralfolien verhindert wird.

In einem weiteren Schritt werden z.B. mittels 50prozentiger  
5 Flußsäure die aufgetragenen Glasschichten 2, 3, 4 und 5  
wieder entfernt und es resultiert der in Figur 3  
dargestellte beidseitig dotierte Wafer 1 mit einem stark p-  
dotierten Gebiet 10 auf der Vorderseite und einem stark n-  
dotiertem Gebiet 11 auf der Rückseite. Dieser Wafer kann nun  
10 beispielsweise zur Herstellung von hochsperrenden p-n-Dioden  
(Zweischichtdioden) verwendet werden, indem in weiteren  
Schritten beiderseits Metallkontaktierungen aufgebracht  
werden. Zur Herstellung der Metallkontaktierungen werden  
beispielsweise simultan auf beiden Seiten des Wafers  
15 Metallschichten aufgesputtert, zunächst eine 70 Nanometer  
dicke Chromschicht, gefolgt von einer 160 Nanometer dicken  
Nickel-Vanadium-Schicht und einer 100 Nanometer dicken  
Silberschicht. Anschließend wird der Wafer entlang von  
Zerteilungslinien in einzelne Diodenchips zerteilt, wobei  
20 die Zerteilungslinien gegebenenfalls bereits vor dem  
Aufbringen der Metallkontaktierungen in den Wafer durch  
Sägen eingebracht worden sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich nicht nur für  
25 Zweischichtdioden, sondern kann auch in entsprechend  
abgewandelter Form zur Herstellung von Mehrschichtdioden,  
insbesondere Thyristordioden (Vierschichtdioden) und  
Dreischichtdioden (Transistordioden) herangezogen werden.  
Insbesondere Leistungshalbleiter, zum Beispiel  
30 Leistungsdioden, können durch die erzielbaren hohen  
Dotierdosen in einfacher und zuverlässiger Weise hergestellt

werden. Auch Thyristoren und Bipolartransistoren können mit dem Verfahren hergestellt werden.



5

26.02.99 Gz

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

### Ansprüche

15

1. Verfahren zur Herstellung von Halbleiterbauelementen, bei dem in einem Wafer mindestens ein dotiertes Gebiet eingebracht wird, dadurch gekennzeichnet, daß

20

- zumindest auf einer der beiden Seiten eines Halbleiterwafers (1) eine mit Dotierstoff versehene feste Glasschicht (2; 4; 2, 3; 4, 5) aufgebracht wird,

25

- in einem weiteren Schritt der Wafer auf hohe Temperaturen erhitzt wird, so daß der Dotierstoff aus der Glasschicht tief in den Wafer eindringt zur Erzeugung des mindestens einen dotierten Gebiets (10; 11),

30

- und in einem weiteren Schritt die Glasschicht entfernt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Glasschicht mittels eines chemischen Dampfabscheideverfahrens aufgebracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das chemische Dampfabscheideverfahren bei atmosphärischem Druck durchgeführt wird.

5 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhitzung des Wafers in oxidierender Atmosphäre erfolgt.

10 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhitzung des Wafers bis auf eine Temperatur von zirka 1200 bis zirka 1280 Grad Celsius, insbesondere eine Temperatur von zirka 1265 Grad Celsius, erfolgt.

15 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur zirka 20 bis 30 Stunden lang, vorzugsweise 21 Stunden lang, aufrechterhalten wird.

20 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Glasschicht sowohl auf der Vorderseite als auch auf der Rückseite des Wafers aufgebracht wird (2, 4), wobei der Dotierstoff auf der Rückseite des Wafers wahlweise den gleichen oder den entgegengesetzten Dotiertyp im Vergleich zum Dotiertyp des  
25 Dotierstoffs auf der Vorderseite aufweist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Glasschicht einen Dotierstoffanteil von größer 2 Gewichtsprozent, insbesondere  
30 zirka 3 bis 6 Gewichtsprozent, aufweist.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Dotierstoffanteil der Glassschicht auf der Vorderseite verschieden ist vom Dotierstoffanteil der Glasschicht auf der Rückseite.

5

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Glasschicht eine Dicke von zirka 2 Mikrometern aufweist.

10

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Erhitzen des Wafers auf die Glasschicht eine Neutralglasschicht (3; 5; 3, 5) aufgebracht wird, wobei die Neutralglasschicht nach dem Erhitzen des Wafers zusammen mit der Glasschicht entfernt wird.

15

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Neutralglasschicht eine Dicke von zirka 0,5 Mikrometern aufweist.

20

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Entfernung der Glasschicht unter Verwendung von Flußsäure erfolgt.

5

26.02.99 Gz

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zur Herstellung hochdotierter  
Halbleiterbauelemente

15

Zusammenfassung

20

25

30

Es wird ein Verfahren zur Herstellung von Halbleiterbauelementen vorgeschlagen, bei dem in einem Wafer mindestens ein dotiertes Gebiet eingebracht wird, wobei zumindest auf einer der beiden Seiten eines Halbleiterwafers (1) eine mit Dotierstoff versehene feste Glasschicht (2; 4; 2, 3; 4, 5) aufgebracht wird, in einem weiteren Schritt der Wafer auf hohe Temperaturen erhitzt wird, so daß der Dotierstoff aus der Glasschicht tief in den Wafer eindringt zur Erzeugung des mindestens einen dotierten Gebiets (10; 11), und in einem weiteren Schritt die Glasschicht entfernt wird. Das Verfahren dient zur Herstellung homogener hoch dotierter Gebiete, wobei diese Gebiete auch beidseitig im Wafer eingebracht werden können und von unterschiedlichem Dotiertyp sein können.

(Figur 1)

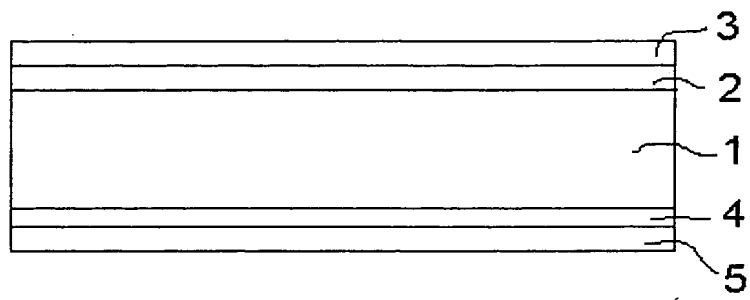


Fig.1

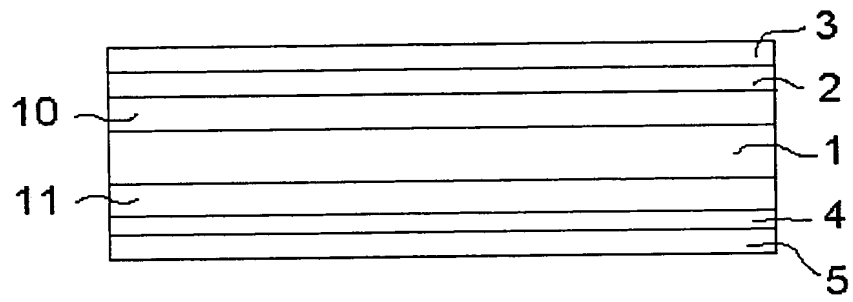


Fig.2

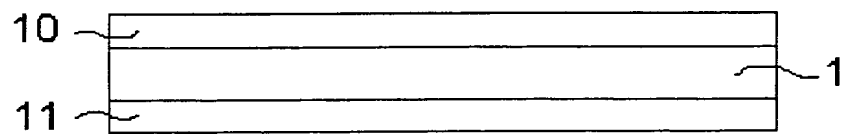


Fig. 3

